

[54] Title of the Invention: Pressure-Sensitive Semiconductor Device

[11] Japanese Patent Publication No.: 54-41304

[43] Published: Dec. 7, 1979

[21] Application No.: 49-10129

[22] Filing Date: Jan. 25, 1974

[72] Inventor(s): Nakamura et al.

[71] Applicant: Hitachi Ltd.

[51] Int.Cl.: H01L 29/84

[Claims]

1. A pressure-sensitive semiconductor device comprising a base and a pressure-sensitive semiconductor element fixed to the base, said pressure-sensitive semiconductor device characterized by a intermediate member provided between the pressure-sensitive semiconductor element and the base, the intermediate member having a thermal expansion coefficient similar to a thermal expansion coefficient of the pressure-sensitive semiconductor element.

2. The pressure-sensitive semiconductor device of claim 1, wherein the intermediate member has a thickness ranging from 30-1000 μ m.

[Brief Description of the Drawings]

Fig. 1 is a perspective view of pressure difference detector including a pressure-sensitive semiconductor device according to the present invention. Fig. 2 is a cross-sectional view of the pressure difference detector shown in Fig. 1. Fig. 3 is a cross-sectional view of a pressure sensor including the pressure-sensitive semiconductor device according to the invention. Fig. 4 is a front view of the pressure sensor shown in Fig. 3.

[Reference Numerals]

- 10 Pressure-Sensitive Semiconductor Device
- 11 Cantilever
- 11a Oxide Layer
- 12 Intermediate Member
- 13 Pressure-Sensitive Semiconductor Element
- 13a n-Type Silicon Single-Crystal Region

- 13b Diffusion Resistor Region
- 14, 15 Glass Adhesive
- 16 Silicon Oxide Layer
- 17, 18 Electrode

⑬ 特 許 公 報 (B2)

昭54-41304

⑤ Int.Cl.²
H 01 L 29/84

識別記号 ⑤ 日本分類
99(5)J 2

庁内整理番号 ②④ 公告 昭和54年(1979)12月7日
7357-5F

発明の数 2

(全 8 頁)

1

2

⑭ 感圧半導体装置

① 特 願 昭49-10129
② 出 願 昭49(1974)1月25日
公 開 昭50-105285
③ 昭50(1975)8月19日
⑦ 発 明 者 中村浩介
日立市幸町3の1の1株式会社日立製作所 日立研究所内
同 松下安男
同所
⑧ 出 願 人 株式会社日立製作所
東京都千代田区丸の内1の5の1
⑨ 代 理 人 弁理士 高橋明夫

⑮ 特許請求の範囲

1 感圧半導体素子を基台へ固着してなる感圧半導体装置において、上記感圧半導体素子と基台の間に感圧半導体素子の熱膨張係数に近似した熱膨張係数を有する中間材が介在されていることを特徴とする感圧半導体装置。

2 上記特許請求の範囲第1項において、中間材は30~1000(μ)の範囲内の厚さを有していることを特徴とする感圧半導体装置。

発明の詳細な説明

本発明は感圧半導体装置、詳しくは感圧半導体素子のカンチレバー(片持梁)等への固着構造に関するものである。

フアーニコ製のカンチレバーにn型シリコン単結晶基板にP型不純物を拡散して抵抗領域を設けてなるシリコン感圧半導体素子をガラスにて接着し、上記カンチレバーに加えられる応力をシリコン感圧半導体素子の拡散抵抗領域における抵抗変化として捉え、この抵抗変化の度合をもつてカンチレバーに加えられた応力を測定しようとするものが、感圧半導体装置の1使用例として挙げられる。

音波を振動板で捉え、この振動板の変形をカンチレバーに応力として伝えた場合、この構成物はマイクロホンである。

また、ダイアフラムの両面に作用する流体圧力の差圧によるダイアフラムの変形をカンチレバーに応力として伝えた場合、この構成物は差圧検出器となる。

また、ダイアフラム自体をn型シリコン単結晶基板にて形成し、この基板にP型不純物を拡散して抵抗領域を設け、このダイアフラムを基台に絶縁して固定しても差圧検出器は構成される。

この発明において問題としているところはn型シリコン単結晶基体のカンチレバー、域は基台等への固着時に見られる感圧半導体素子の破壊である。

1例としてカンチレバーへの固着を取つて説明すると、シリコン単結晶の熱膨張係数は 3.2×10^{-6} ($1/^\circ\text{C}$)であり、このシリコン単結晶の熱膨張係に近付けるべく、カンチレバーの材質を選定すると、物性的、工業的な経済性からフアーニコが最も適当なものとして挙げられるが、このものの熱膨張係数は $4.0 \sim 5.0 \times 10^{-6}$ ($1/^\circ\text{C}$)である。

また接着剤として接着強度の経年変化が小さいことと、カンチレバーと感圧半導体素子を電氣的に絶縁することができることからガラスが選ばれるが、その材質については感圧半導体素子の拡散抵抗領域とここに設けられる電極の界面に異常現象を発生させないようにする接着温度500($^\circ\text{C}$)以下で接着作業可能なものに限定され、したがつてそのガラスの熱膨張係数は $8.0 \sim 2.0 \times 10^{-6}$ ($1/^\circ\text{C}$)となる。

このように、シリコン単結晶、接着用ガラス及びカンチレバーの間に熱膨張係数の差があることから、接着時にシリコン単結晶、即ち感圧半導体素子に熱応力が残留し、シリコン単結晶自体が歪量に換算して1500(μe)の破壊強度を有し

3

ていても接着によつて600(μ e)程度の応力を加えただけで感圧半導体素子が破壊するものがあることが確認された。

接着用ガラスの厚さを小さくすることは感圧半導体素子の破壊防止策として有効であるが、あまり小さくすると接着層が均一に出来難く、接着強度が逆に小さくなつて接着強度と残留歪量の関係から接着用ガラス膜厚は5~20(μ)が適当とされており、接着用ガラスの厚さの調整によつて感圧半導体素子の破壊を防止しようとすることは、10 上記理由からカンチレバー、接着用ガラスの熱膨張係数をシリコン単結晶の熱膨張係数に近付けることと同様、十分な対策となり得なかつた。

本発明は以上の点に鑑み為されたもので、その目的とするところは、感圧半導体素子であるシリコン単結晶基板と、これを固着する基台および接着剤との間に熱膨張係数の差があつても、感圧半導体素子が残留熱応力によつて破壊することがない感圧半導体装置を提供することにある。

本発明の他の目的は感圧半導体素子の破壊を防止するため、この発明において採用された部材の最適性、並びに最適範囲を提供することにある。

本発明によれば、感圧半導体素子とこれを固定する基台の間に両者を直接接着した場合に生ずる熱応力を吸収させるための中間材が介装される。20

上記中間材としては、感圧半導体素子の熱膨張係数と近似した物質、例えば熱膨張係数が 30×10^{-7} ($^{\circ}\text{C}$)であるコージライト系磁器片が望ましく、またその厚さは30~1000(μ)の範囲が最適である。

以下、本発明を図面に示す実施例と共に説明する。

第1図は1対のダイアフラムに作用する流体の差圧を本発明感圧半導体装置10にて電気信号として検出する差圧検出器100を示している。

詳細に図示していないが、対向して設けられたダイアフラム101、102は夫々その対向しない反対面に異なる流体系の流体圧が作用するようになつており、両者は互にロッド103にて連結されている。また、ダイアフラム101、102 40 の対向面は図示していない側壁と両ダイアフラム101、102によつて形成される空間104内に封入された不活性流体によつて同一圧力が作用し、従つて両ダイアフラム101、102はその

4

対向しない反対面に作用する異なる系の流体の差圧によつて、ロッド103を介して上方向あるいは下方向に同時に変形する様になつている。

そして、ダイアフラム101、102の変形度もしくはロッド103の上下変動度は両ダイアフラム101、102に作用する異なる系統の流体の差圧によつて決定される。

一方、空間104を形成する図示していない前記側壁には、本発明感圧半導体装置10が固定されるフランジ部105が設けられている。

本発明感圧半導体装置10を構成するカンチレバー11は一端が上記フランジ部105に固定され、他端は前記ロッド103に固定される。

従つて、カンチレバー11は上記ダイアフラム101、102に作用する異なる系統の流体の差圧によつてロッド103と共に上下に変形する。

上記カンチレバー11には、中間材12を介して感圧半導体素子13がガラス接着されており、カンチレバー11の変形は中間材12を介して感圧半導体素子13に応力として伝達され、感圧半導体素子13の拡散抵抗領域の抵抗値変化として両ダイアフラム101、102に作用する異なる系統の流体の差圧が検出される。

第2図は感圧半導体素子13を固着せる状態を拡大して示している。

フアーニコ製カンチレバー11には、本発明になる中間材12を接着する接着用ガラス14とのぬれ性を改善し、より強力な接着強度を得るために900($^{\circ}\text{C}$)下における加熱処理等適宜な手段 30 によつて得られる酸化膜11aが設けられている。

中間材12と感圧半導体素子13はカンチレバー11と同様ガラス15にて接着されている。

感圧半導体素子13は、n型シリコン単結晶基板領域13aにP型不純物を拡散することによつて得た拡散抵抗領域13bとからなり、その上面は熱酸化技術等適宜な手段によつて得たシリコン酸化膜16と拡散抵抗領域13bの両端部のシリコン酸化膜16を取除き、拡散抵抗領域露出面に直接固着した電極17、18を有する。

感圧半導体素子13は1例として幅4(mm)、長さ6(mm)、厚さ200(μ)の大きさのものであり、中間材12も同一幅、同一長さを有している。

製作に当つては、先づフアーニコ製カンチレバ

5

—11を600〔℃〕に加熱して酸化膜11aを形成する。次に、この酸化膜11a上に遠心沈降法でガラス粉膜を作り、その上に中間材12を載せて加熱し、これによつてできる厚さ15〔μ〕のガラス14によつてカンチレバー11と中間材12を接着する。更に中間材12上に同じく遠心沈降法によつてガラス粉膜を作り、この上に別途製作しておいた感圧半導体素子13を載せて加熱し、厚さ15〔μ〕のガラス15によつて中間材12と感圧半導体素子13を接着して感圧半導体装置10が出来上がる。

中間材12の厚さについては、その熱膨張係数の値によつて決定されず、全く他の要因によつて定められる。即ち、その要因とは感圧半導体素子13の破壊と作業性である。中間材12の厚さを*15た。

6

*薄くして行くと熱応力が緩和されずに感圧半導体素子に伝えられ破壊を招く。このことから、その下限は30〔μ〕程度であることが明らかとなった。また、上限については作業性や構造上から1000〔μ〕程度であることが明らかになった。次に中間材12および接着用ガラス14,15の材質を変えて得た結果について説明する。

実験例 1

中間材12として熱膨張係数が 30×10^{-7} 〔/℃〕のコージライト系磁器片を用い、接着用ガラス14,15として東京芝浦電気株式会社製GS-35N 507ガラス（接着温度450〔℃〕）を用いて、その厚さを変えて、感圧半導体素子13が破壊する歪量は第1表の如くであつた。

第 1 表

中間材12の厚さ 〔μ〕	破壊歪量〔με〕（平均値）		主な破壊箇所
	圧縮歪	引張歪	
25	1050	980	感圧半導体素子13
30	1300	1210	〃
50	1640	1480	〃
100	1620	1490	〃
200	1650	1510	〃
600	1610	1500	感圧半導体素子13 接着用ガラス14
1000	1600	1480	〃
1300	1100	1130	接着用ガラス14

この実験結果によれば、中間材12の下限30〔μ〕並びに上限1000〔μ〕を越えると、圧縮歪、引張歪を加えた時、共に破壊強度が低下することが理解される。

実験例 2

中間材12の熱膨張係数がシリコン単結晶の熱

膨張係数 32×10^{-7} 〔/℃〕に等しいバイコールガラスを用い、接着用14,15として米国コーニンググラス社製7575（接着温度500〔℃〕）を用いた場合の結果は第2表の如くであつた。

第 2 表

中間材 12 の厚さ 〔 μ 〕	破壊歪量〔 $\mu\epsilon$ 〕(平均値)		主な破壊箇所
	圧 縮 値	引 張 値	
25	1200	1100	感圧半導体素子 13
30	1380	1300	"
150	1710	1580	"
500	1730	1550	"
1000	1700	1510	感圧半導体素子 13 接着ガラス 14
1500	1230	1150	接着ガラス 14

実験例 3

米国コーニンググラス社製 7070 ガラス粉 (92 wt-%) と β -ユークリプタイト粉 (8 wt-%) の混合物を 800〔 $^{\circ}\text{C}$ 〕で焼結して得た気孔率 7〔%〕、熱膨張係数 36×10^{-7} 〔 $1/^{\circ}\text{C}$ 〕、厚さ 300〔 μ 〕の中間材 12 を用い、20 接着用ガラス 14, 15 として、実験例 1 と同種の GS-35N507 ガラス (接着温度 450〔 $^{\circ}\text{C}$ 〕) を用いた場合、圧縮歪が 1900〔 $\mu\epsilon$ 〕、引張歪 1680〔 $\mu\epsilon$ 〕で感圧半導体素子 13 が破壊した。

15* 尚、この値は感圧半導体素子 10 (個) の平均値である。

実験例 4

上記実験例 3 と同じく旭硝子株式会社製 ASF 1400 ガラス粉 (70 wt-%) と石英ガラス粉 (30 wt-%) を 770〔 $^{\circ}\text{C}$ 〕で焼結して得た気孔率 18〔%〕、熱膨張係数 40×10^{-7} 〔 $1/^{\circ}\text{C}$ 〕の中間材 12 を用い、接着用ガラス 14, 15 として実験例 1 と同種の GS-35N507 ガラス (接着温度 450〔 $^{\circ}\text{C}$ 〕) を用いた場合の結

*25 果は第 3 表の如くであつた。

第 3 表

中間材 12 の厚さ 〔 μ 〕	破壊歪量〔 $\mu\epsilon$ 〕(平均値)		主な破壊箇所
	圧 縮 値	引 張 値	
25	1080	920	感圧半導体素子 13
30	1250	1200	"
300	1380	1280	"
600	1350	1250	"
1000	1300	1200	"
1100	1200	1130	"

実験例 5

上記実験例 3 と同じく、米国コーニンググラス社製 7070 ガラス粉 (92 wt-%) と β -ユークリプタイト粉 (8 wt-%) の混合物を

800〔 $^{\circ}\text{C}$ 〕で焼結して得た気孔率 7〔%〕、熱膨張係数 36×10^{-7} 〔 $1/^{\circ}\text{C}$ 〕、厚さ 800〔 μ 〕の中間材の両面にスプレー法で実験例 1 と同種の GS-35N507 ガラス粉膜を設け、こ

れをカンチレバー11と感圧半導体素子13の間に介装せしめて450〔℃〕で熱処理ガラス接着したものは、圧縮歪が1880〔με〕で感圧半導体素子13が破壊した。

尚、この値は感圧半導体素子10〔個〕の平均5である。

実験例 6

実験例1と同じ仕様で、中間材12の熱膨張係数のみを 28×10^{-7} 〔/℃〕とした時の結果は第4表の如くであった。

第 4 表

中間材 12の厚 さ〔μ〕	破壊歪量〔με〕 (平均値)		主な破壊箇所
	圧縮歪	引張歪	
30	810	630	接着ガラス14
500	590	430	"

この実験結果によれば、中間材12の熱膨張係数が感圧半導体素子13の熱膨張係数より小さく、かつ大幅に差があれば、ガラス15の接着によつて感圧半導体素子13に熱応力が残留し、低い圧縮歪、引張歪で破壊することが理解される。

実験例 7

実験例2とは逆に前記ASF1400ガラスで作つた熱膨張係数 45×10^{-7} 〔/℃〕の中間材12を用い、接着用ガラス14、15として実験例1と同様GS-35N507ガラスを用いた30場合の結果は第5表の如くであった。

第 5 表

中間材 12の厚 さ〔μ〕	破壊歪量〔με〕 (平均値)		主な破壊箇所
	圧縮値	引張値	
50	760	580	感圧半導体素子13
300	710	490	"

以上の実験結果から、本発明における中間材12は下記の如き性質を有するものであることが

理解されよう。

- (1) 中間材12の厚さに関して下限30〔μ〕、上限1000〔μ〕を越えると圧縮、引張の両歪(応力)が加わった時、感圧半導体素子13は破壊し易く、従つてその厚さは30～1000〔μ〕の範囲内にあること。
 - (2) 中間材12の組成については、実験例1、2からなる実験群と実験例3～5の実験群が示すように特に制約を受けないこと。
 - 10 (3) 実験例3～5の実験群が示すように、中間材12が焼結体であつても、特にその気孔率は問題とならないこと。
 - (4) カンチレバー11、中間材12及び感圧半導体素子13の接着に関しては、実験例1～4からなる実験群と実験例5が示すように、接着技術に関しては、特に制約を受けないこと。
 - 15 (5) 中間材12の熱膨張係数に関しては実験例1～5からなる実験群と、実験例6、7からなる実験群が示すように感圧半導体素子13の熱膨張係数に近似していることが望ましく、 $30 \sim 40 \times 10^{-7}$ 〔/℃〕の範囲が適当である。
- 尚、以上の実験例は感圧半導体素子13の厚さが200〔μ〕の場合についてのみ結果を示したが、感圧半導体素子13の厚さを変えても同様な結果が得られており、即ち、上記の条件は異なる厚さの感圧半導体素子についても適用できるものであることを確認している。
- 本発明は第1、第2図に示した実施例における構成の感圧半導体素子のみに適用を制限されるものではない。

第3図は、シリコン単結晶基板そのものがダイアフラムとして作動する構成の感圧半導体装置200を圧力検出器に用いた例を示している。

- 同図において、外囲器201は一方端に圧力を35検出すべき流体系への接合部201aを有しており、他端には後述する感圧半導体素子へ電気的接続を行なうためのコネクタ202を固着する爪部201bを有している。
- 外囲器201の内部フランジには絶縁物製の附属体203が気密に固着される。この附属体203は中央に開孔203aを有し、開孔203aの上記接合部201a側周縁に本発明に従つて円板状感圧半導体素子204がリング状中間材205を介して固着される。
- 40

11

リング状中間材 205 が 30~1000 (μ) の厚さを有するものであり、またその熱膨張係数が感圧半導体素子 204 の熱膨張係数に近似したものであることは第 1、第 2 図に実施例として示し、また詳細に説明した前記感圧半導体装置 10 における中間材 11 と同様である。

第 4 図は、リング状中間材 205 を有する感圧半導体素子 204 をコネクタ 202 側、即ち第 3 図において左側より見た場合の正面図を示しており、感圧半導体素子 204 はリング状中間材 205 が固着される側の全面に熱処理によつて形成されたシリコン酸化膜 206 を有している。感圧半導体素子 204 はシリコン酸化膜 206 を有する側に拡散によつて形成された矩形拡散抵抗領域 204a が設けられており、その 4 個の角度に相当するシリコン酸化膜 206 を取除いて露出した拡散抵抗領域 204a にシリコン酸化膜 206 上を放射状に延在する互に独立した 4 個のアルミニウム蒸着層 207 の内端が電氣的に接続・固着される。

前記附属体 203 はその開孔 203a のコネクタ 202 側周縁に固定された 4 本の導体 208 を有しており、上記 4 個のアルミニウム蒸着層 207 と上記 4 本の導体 208 は夫々金線 209 にて電氣的に接続される。

そして上記導体 208 はコネクタ 202 内の電氣的接続手段を介して、例えば記録計と接続される。

外囲器 201 の接合部 201a 連通孔 201c を介して感圧半導体素子 204 に圧力被検出流体が作用し、附属体 203 が開孔 203a を有しているため、感圧半導体素子 204 自体がダイアフラムとして作動し、圧力被検出流体の圧力に応じて変形する。

この変形は感圧半導体素子 204 の拡散抵抗領域 204a の抵抗変化として変換される。

拡散抵抗領域 204a がアルミニウム蒸着層 207 によつて 4 分割され、4 分割された拡散抵抗領域 204a がホイートストンブリッジの各辺抵抗として組合わされる結果、上記圧力被検出流

12

体の圧力変化に基づく拡散抵抗領域 204a の変化は、ホイートストンブリッジの原理によつて、その変化の度合に応じて電圧として検出され、コネクタ 202 を介して記録計に記録される。

勿論、4 分割された拡散抵抗領域 204a がホイートストンブリッジ構成となつていことから感圧半導体素子 204 の両面の圧力が等しく、何等変形しなければ抵抗変化は無く、検出電圧値は零である。

第 1、第 3 図の実施例では、板状の感圧半導体素子を用いて説明したが、本発明の主旨に従うならば感圧半導体素子は板状のものに限定されることはない。

1 例を挙げるならば、ほぼ中央にその一方側主表面上に臨む中空を形成して、ここに肉厚部によつて取囲まれた肉薄部を形成し、該肉薄部に感圧領域を設けてなる感圧半導体素子について、その肉厚部を本発明になる中間材を介して基台に固着しても、第 1、第 3 図に示した実施例と同様、感圧半導体素子に応力が加わつた時、小さい応力での感圧半導体素子の破壊は防止される。

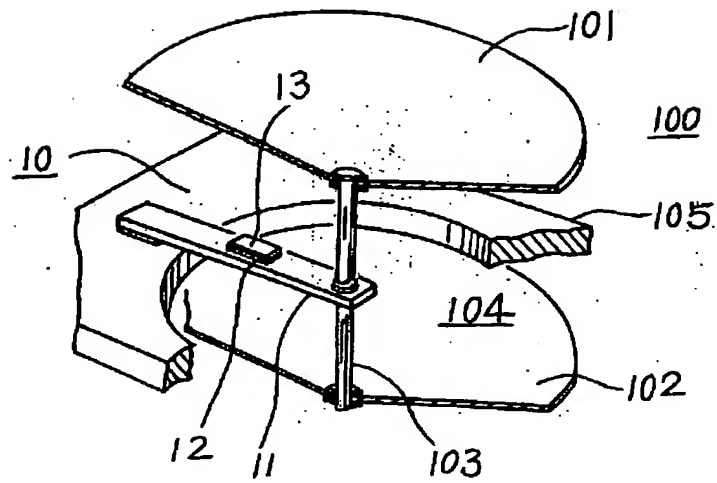
また、半導体素子の感圧機構についても、第 1、第 3 図の実施例で示した拡散抵抗領域の抵抗値変化によるものだけでなく、ショットキーバリアによる抵抗変化を利用したもの等、種々の機構の感圧半導体素子について適用することができる。

図面の簡単な説明

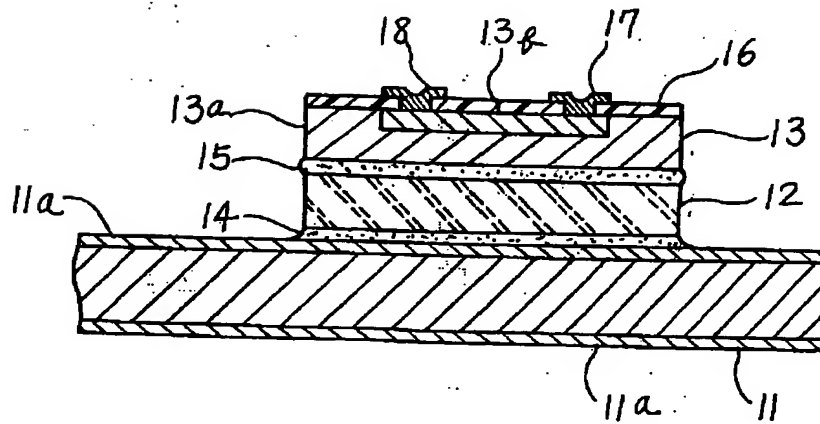
第 1 図は本発明感圧半導体装置を差圧検出器に用いた例を示す差圧検出器の要部斜視図、第 2 図は第 1 図に示す差圧検出器に用いた本発明感圧半導体装置の縦断面図、第 3 図は本発明感圧半導体装置を圧力検出器に用いた例を示す圧力検出器の部分的縦断面図、第 4 図は第 3 図に示す圧力検出器に用いた本発明感圧半導体装置の正面図である。

符号の説明、10……感圧半導体装置、11……カンチレバー、11a……酸化膜、12……中間材、13……感圧半導体素子、13a……n 型シリコン単結晶基板領域、13b……拡散抵抗領域、14, 15……接着用ガラス、16……シリコン酸化膜、17, 18……電極。

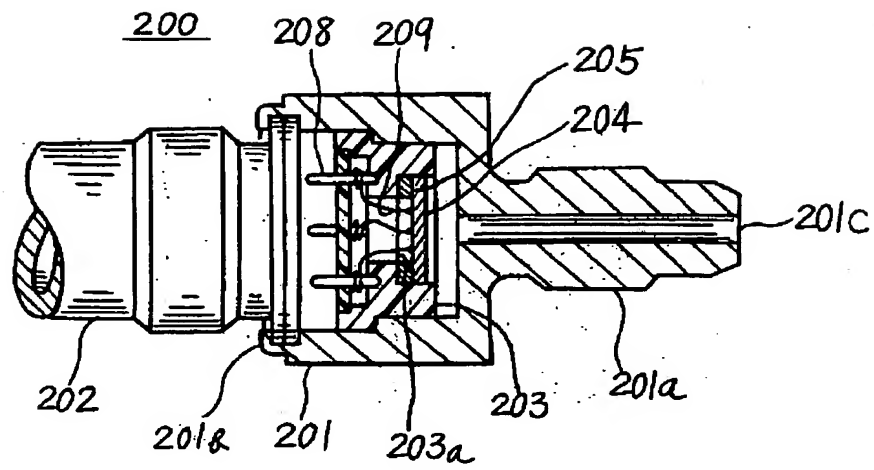
第 1 図



第 2 図



第 3 図



第 4 図

